Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 4, Winter. 2022, p. 407-419

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۴۱۹-۴۰۷

مقاله پژوهشی

بررسی اثرات بستر کشت بر ویژگی‌های رویشی و عملکرد دو گونه مرزه سهندی (*Satureja sahendica*) و سنبله‌ای (*S. spicigera*) تحت شرایط دیم

بابک بحرینی نژاد[1*]، محمد حسین لباسچی[2]، فاطمه سفیدکن[3]، زهرا جابرالانصار[4]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۱۰

چکیده

یکی از راهکارهای توسعه گیاهان دارویی کشت آن‌ها در مناطق دیم است. گیاه مرزه از جنس *Satureja* یکی از گونه‌های دارویی ارزشمند است که برخی از گونه‌های آن به‌صورت خودرو در ایران رویش دارند. این مطالعه با هدف بررسی اثرات بستر کشت بر ویژگی‌های رویشی و عملکرد دو گونه مرزه تحت شرایط دیم اجرا شد. نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه، قطر بوته، تاج‌پوشش و تعداد ساقه در هر بوته در گونه سنبله‌ای دیده شد. همچنین بیشترین مقادیر وزن خشک کل و برگ به‌ترتیب با ۶۹۵ و ۴۷۰ کیلوگرم در هکتار در گونه سنبله‌ای مشاهده شد. تیمار کاه اگرچه در سال اول آزمایش باعث کاهش وزن‌خشک مرزه‌ها شد ولی در سال دوم موجب افزایش آن شد. کود حیوانی فقط در سال اول باعث افزایش اندکی در عملکرد هر دو محصول شد. بیشترین مقادیر صفات اندازه‌گیری شده در هر دو گونه در سال آخر آزمایش مشاهده شد به‌طوری‌که این مقادیر برای وزن خشک برگ برای گونه‌های سنبله‌ای و سهندی به‌ترتیب برابر با ۱۰۱۸ و ۸۵۵ کیلوگرم در هکتار بود. بیشترین مقادیر شاخص سطح برگ و شاخص برداشت در سال اول آزمایش به‌ترتیب با مقادیر ۴/۵۹ و ۷۲ مشاهده گردید. در مجموع برای تولید مرزه تحت شرایط دیم مشابه با این پژوهش می‌توان کشت گونه سنبله‌ای را بدون به‌کارگیری تیمارهای کودحیوانی و کاه توصیه نمود. اگرچه به‌کارگیری این مواد در عمق بیشتری از خاک احتمالاً می‌تواند اثربخشی بیشتری بر رشد و عملکرد این گیاهان داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: کاه، کود حیوانی، گیاهان دارویی، مرزه

مقدمه

کاهش میزان بارندگی طی سالیان اخیر باعث افت میزان پایداری تولید و افزایش ریسک و خطرپذیری در زراعت‌های دیم شده‌است، به‌همین دلیل دستیابی به گونه‌هایی با ثبات بیشتر تحت شرایط کم‌آبی که بتوانند موجب تولید عملکردهایی اقتصادی شوند یکی از اهداف سیاستمداران و برنامه‌ریزان تولید محصولات کشاورزی و منابع طبیعی است. بسیاری از گونه‌های دارویی در ایران به‌صورت خودرو بوده و از قدیم‌الایام مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفتند. این گونه‌ها در عرصه‌های طبیعی سازگاری داشته و قادرند در شرایطی با بارندگی مختصر رشد کنند، بنابراین این امکان وجود دارد که با کشت اصولی آن‌ها تحت شرایط مناسب و به‌صورت دیم بتوان نیازهای مصرف داخلی و حتی صادرات را تامین نمود. بهره‌برداری‌های بی‌رویه از مراتع و رویشگاه‌های طبیعی این گیاهان می‌تواند باعث از بین رفتن گونه‌ها و جمعیت‌های ارزشمند موجود در عرصه‌های طبیعی گردد. لذا جهت جلوگیری از انقراض این گونه‌ها لازم است نسبت به حفاظت از این جمعیت‌ها و گونه‌ها از طریق کشت و اهلی کردن اقدام نمود (Alimardan *et al.*, 2015). در سال‌های اخیر مطالعه بر روی گونه‌های ارزشمند دارویی به‌منظورتوسعه کشت و تامین نیاز صنایع دارویی از جمله اهداف مراکز علمی و پژوهشی بوده‌است.

از مهم‌ترین گونه‌های مرزه خودرو در ایران می‌توان به دو گونه مرزه سهندی و مرزه سنبله‌ای اشاره نمود. مرزه سهندی با نام علمی *Satureja sahendica* Bornm. گیاهی بوته‌ای، بالشتکی با ساقه‌های متعدد به ارتفاع ۱۲ تا ۲۵ سانتی‌متر است. این گونه انحصاری ایران بوده، در ناحیه ایرانی تورانی و در استان‌های آذربایجان، کردستان، زنجان و کرمانشاه اغلب در دامنه‌های صخره‌ای-سنگی و در ارتفاع ۱۳۰۰ تا ۲۵۰۰ متر می‌روید (Jamzad,

۱- استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
۲- دانشیار، بخش تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۳- استاد بخش تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۴- محقق، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: b.bahreininejad@areeo.ac.ir
DOI: 10.22067/jcesc.2021.71701.1070

2012). مـرزه سـنبله‌ای *S. spicigera* (C. Koch) Boiss. گیـاهی علفی با قاعده چوبی به ارتفاع ۲۵ تا ۶۰ سانتی‌متر است. این گونـه در ناحیه خزری ایران (گلستان، گرگان، گیلان، تهران، تالش)، در ترکیـه و قفقاز اغلب در دیـواره‌هـای سـنگی صـخره‌ای و در ارتفـاع ۲۰۰ تـا ۱۹۰۰ متر می‌روید (Jamzad, 2012).

در مورد کشت دیم گونـه‌هـای دارویـی بـه‌ویـژه مـرزه مطالعـات محدودی انجام شده‌است. در مطالعه‌ای در شرایط دیـم در مقایسـه دو گونه مرزه‌جنگلی و *S. isophylla* بیان شد که گونه جنگلی علاوه بر برتری رویشی نسبت به گونه دیگر می‌تواند به‌عنوان یک گونه مناسب جهت کشت دیم اسـتفاده شـود (Tabaei-Aghdaei *et al*., 2017). در پژوهشی بر روی دو گونـه مـرزه خوزسـتانی *S. khuzestanica* و مرزه رشینگری *S. rechingeri*، با مقایسه دو شرایط فاریـاب و دیـم به لحاظ صفات رویشی و عملکردی مشاهده شد که در هـر دو گونـه مقادیر وزن‌تر، خشـک و سرشـاخه گلـدار و شـاخص سـطح بـرگ در شـرایط دیـم بـه‌طـور معنـی‌داری کمتـر از شـرایط کشـت آبـی بـود (Nooshkam, 2014).

در رابطه با به‌کارگیری مواد آلی در بستر کشت، در یک بررسی بر روی اثرات کودهای شیمیایی، آلی و بیولوژیک بر روی مرزه تابسـتانه *S. hortensis* مشاهده شد که کودها می‌توانند باعث افزایش مقـادیر صفات مورفولوژیک همچون ارتفاع بوته، سطح بـرگ، تعـداد بـرگ و قطر ساقه شوند (Naiji and Souri, 2016). در دو پژوهش جداگانـه بـــر روی مـــرزه تابســـتانه *S. hortensis* (Alizadeh *et al*., 2010; Babakhanzadeh-Sajirani and Rahimi, 2021) و یـک پژوهش بر روی گونه دیگری از مرزه با نام علمی *S. macrantha* به تاثیر مثبت کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد اندام هوایی اشاره شـد (Bakhtiari *et al*., 2020). در یک مطالعه بر روی اثرات هـم‌زمـان کود گاوی و کاه برروی مرزه‌جنگلی در تـراکم‌هـای مختلـف طـی دو سال تحت شرایط دیم، مشاهده شد که بیشترین مقادیر عملکرد انـدام هوایی در تیمار کـود گـاوی بـه‌دسـت آمـد (Saki *et al*., 2019). در پژوهشی دیگر کود گاوی بر وزن خشک دو گونه مرزه خوزسـتانی *S. khuzestanica* و مـرزه رشـینگری *S. rechingeri* تـاثیر مثبـت داشته‌است (Bastami *et al*., 2021). همچنین نتایج یک مطالعه بـر نقش افزایشی بیشتر کود گاوی بر رشد و عملکرد مرزه تابستانه نسبت به کود مرغی و حتی کود شیمیایی اشاره شده است (Akrami nejad *et al*., 2016).

افزایش میزان نیتروژن در خاک باعـث افـزایش میـزان شـاخص برداشت در گیاه همیشه بهار *Calendula officinalis* شد (Pirzad *et al*, 2013). نتایج مشابهی بـر روی گیـاه آنیسـون (*Pimpinella anisum*) مشاهده شد که در آن با افزایش سطوح کـود بیولوژیـک و آزتوباکتر، شـاخص برداشـت در گیـاه افـزایش معنـی‌داری پیـدا کـرد (Hosseinpour *et al*., 2011). همچنـین مصـرف بیشـتر میـزان کودهای آلی در خاک باعث شدند تا شاخص سطح بـرگ در گیاهـان گشنیز (*Coriandrum sativum*)، زرین گیـاه (*Dracocephalum kotschyi*) و زوفـا (*Hyssopus officinalis*) افـزایش پیـدا کنـد (Rezakhani and Haj Seyed Hadi, 2017; Ghanbari Odivi *et al*., 2021a; Ghanbari Odivi *et al*., 2021b).

این مطالعه با هدف بررسی بسترهای مختلف دارای کـاه گنـدم و کود حیوانی بر روی ویژگی‌ها مورفولوژیک و عملکـرد دو گونـه مـرزه سهندی و سنبله‌ای تحت شرایط دیم طراحی و به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تاثیر بستر کشت بر ویژگی‌های رویشی و عملکرد دو گونـه مـرزه سـهندی *S. sahendica* و سـنبله‌ای *S. spicigera*، آزمایشی از سال ۱۳۹۷ به مدت ۳ سـال در شهرسـتان فریدونشـهر از توابع استان اصفهان بـا موقعیـت جغرافیـایی "۲۹، '۵۶، °۳۲ عـرض شمالی و "۳۱، '۰۶، °۵۰ طول شرقی در شرایط دیم اجرا شـد. اقلـیم منطقه بر اساس روش پابو نیمه استپی و به روش گوسن استپی نیمـه سرد بود. داده‌های هواشناسـی محـل آزمـایش طـی مـاه‌هـای رشـد، سال‌های زراعی۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ در جدول ۱ آورده شده است.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طـرح بلـوک‌هـای کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی عبارت بود از: بستر کاشت شامل بستر کود (کود گاوی پوسـیده معـادل۳۰ تـن در هکتـار درون شیارهایی تا عمق ۲۰ سانتی‌متر اخـتلاط داده شـد)، کـاه (کـاه گندم معادل ۱۰ تن در هکتار، فرآوری شده با کود سولفات آمونیوم به میزان ۲ کیلوگرم برای هر ۱۰۰ کیلوگرم کاه که پس از حل کردن در ۲۰ لیتر آب و قبل از مخلوط با خاک بر روی کـاه بـه‌طـور یکنواخـت پاشیده شد و درون شیارهایی تا عمق ۲۰ سانتی‌متر اختلاط داده شـد) و شاهد (بدون کود و کاه)، فاکتور فرعی گونه‌های مـرزه و در نهایـت فاکتور فرعی–فرعی سال آماربرداری بود. بذر گونه‌های مورد اسـتفاده از موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور تهیه شد.

مراحل تهیه نشا و آماده‌سازی مزرعه در اواخر سـال ۱۳۹۶ انجـام شد. ویژگی‌های خاک قبل و بعد از اعمال تیمارهـای آزمایشـی مـورد اندازه‌گیری قرار گرفت (جدول ۲). کاشت نشـاها در مزرعـه در اوایـل فروردین ۱۳۹۷ زمانی که خاک مرطوب بود و قبل از شـروع بارنـدگی بهاره در کف جوی‌های ایجاد شـده صـورت گرفـت. عملیـات کنتـرل علف‌های هرز به‌طور دستی و به کمـک کـارگر انجـام شـد. در طـول اجرای طرح هیچ‌گونه آفت یا بیماری بر روی بوته‌ها مشاهده نشد لـذا از هیچ‌گونه آفت‌کشی در طول اجرای آزمایش استفاده نشـد. در طـول فصل رشد و در زمان ۵۰٪ گلدهی برای هر گونه مرزه به‌طور جداگانه انـدازه‌گیـری صـفات مـورد بررسـی شـامل وزن‌خشـک‌کـل گیـاه، وزن‌خشک‌برگ و ساقه، ارتفاع گیاه (ارتفاع از سطح خاک تا بـالاترین

نقطه گیاه)، قطر بوته (متوسط قطر بزرگ و کوچک هر بوته)، تاج‌پوشش هر بوته و تاج‌پوشش در هر متر مربع زمین و تعداد ساقه در هر بوته به اجرا گذاشته شد. برای تعیین میزان سطح برگ چهار بوته برداشت و هم‌زمان مساحت اشغال شده توسط این بوته‌ها محاسبه گردید. میزان سطح برگ نمونه‌های برداشت شده قبل از خشک کردن نمونه به کمک دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدل GA-5، ساخت شرکت Ogawa Seki از کشور ژاپن) تعیین شد سپس برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ از نسبت سطح برگ به سطح زیر بوته استفاده شد (Natalie and Berda, 2003) شاخص برداشت از نسبت وزن خشک برگ (عملکرد اقتصادی گیاه) به وزن خشک کل (عملکرد بیولوژیک) ضرب‌در ۱۰۰ به‌دست آمد. شاخص نسبت وزن خشک به تر از تقسیم وزن خشک کل به وزن تر کل، ضرب‌در ۱۰۰ به‌دست آمد.

باتوجه به چندساله بودن گیاه و اجرای اندازه‌گیری‌ها در هر سال بر روی کرت‌های ثابت، آنالیز طرح به‌صورت کرت‌های خرد شده در زمان اجرا شد (Yazdi-Samadi *et al.*, 2013). برای انجام محاسبات آماری از برنامه کامپیوتری SAS، و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد بهره گرفته شد.

جدول ۱- داده‌های هواشناسی محل آزمایش طی سال‌های زراعی ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹

Table 1- Meteorological data of the site during the crop years 2018 to 2020

سال Year	1397		1398		1399	
ماه Month	دما Temperature (◦C)	بارندگی Precipitation (mm)	دما Temperature (◦C)	بارندگی Precipitation (mm)	دما Temperature (◦C)	بارندگی Precipitation (mm)
فروردین April	9.8	37.5	5.5	255.4	6.0	142.0
اردیبهشت May	10.6	134.4	11.1	34.4	12.3	62.5
خرداد June	17.5	23	18.1	9.2	19.2	1.5
تیر July	22.8	0	23.7	0	21.3	4.5
مرداد August	23.7	0	22.9	0	23.6	0.1
شهریور September	21.4	0	20.1	1.5	19.0	1.9

جدول ۲- ویژگی‌های خاک محل آزمایش قبل و بعد از به‌کارگیری تیمارهای آزمایشی

Table 2- Soil characteristics of the test site before and after the application of experimental treatments

نمونه خاک Soil sample	هدایت الکتریکی EC dSm^{-1}	اسیدیته pH	ازت کل Total N $mgkg^{-1}$	کربن آلی O.C $mgkg^{-1}$	فسفر P $mgkg^{-1}$	پتاس K $mgkg^{-1}$	رس Clay %	شن Sand %	سیلت Silt %	بافت Texture
قبل از دادن کود Before soil amendment	0.467	7.41	0.02	0.15	15.82	281	24	23.5	52.5	Silty loam
بعد از دادن کاه After straw amendment	0.512	7.38	0.03	0.28	16.3	295	28	20.4	51.6	Silty loam
بعد از دادن کودحیوانی After manure amendment	0.682	7.10	0.05	0.45	20.6	310	25	21.9	53.1	Silty loam

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش سه‌گانه بستر×گونه×سال بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده به‌جز ارتفاع بوته و

شاخص برداشت در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد و در مورد ارتفاع برهمکنش‌های دوگانه شامل بستر×گونه و گونه×سال در سطح ۵٪ و بستر×سال در سطح ۱٪ معنی‌دار شد و در مورد شاخص برداشت صرفاً اثر سال بر آن در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۳). در ابتدا برهمکنش دوگانه بر روی ارتفاع بوته بیان خواهد شد و در پایان به بیان برهمکنش سه‌گانه بر روی سایر صفات پرداخته خواهد شد.

برهمکنش دوگانه بستر×گونه، سال×گونه و سال×بستر بر ارتفاع گیاه

برهمکنش بستر×گونه بر روی ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۳). در بررسی برهمکنش بستر×گونه بر روی ارتفاع گیاه می‌توان به خوبی مشاهده نمود که در بسترهای کاه و شاهد تفاوت معنی‌داری میان گونه سهندی و سنبله‌ای دیده نشد و فقط در بستر کودحیوانی گونه سنبله‌ای توانست نسبت به گونه دیگر ۳۵٪ برتری نشان دهد (شکل ۱–A). دلیل برتری ارتفاع در گونه سنبله‌ای نسبت به گونه سهندی را شاید بتوان به نقش موثر کود حیوانی بر افزایش ارتفاع گیاه نسبت داد، وجود مقادیر بیشتر نیتروژن در خاک تیمار کود حیوانی نسبت به دو بستر دیگر (جدول ۲) می‌تواند از جمله دلایل اصلی این اتفاق باشد. در همین رابطه به نقش افزاینده نیتروژن بر افزایش ارتفاع مرزه تابستانی اشاره شده است (Babalar *et al.*, 2010).

برهمکنش سال×گونه بر روی ارتفاع بوته در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۳). در سال‌های اول و دوم آزمایش، بین دو گونه مورد بررسی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، در سال سوم مطالعه ارتفاع گونه سنبله‌ای با اختلاف معنی‌داری ۳۵٪ بیشتر از گونه سهندی بود (شکل ۱–B). این احتمال وجود دارد که گونه سنبله‌ای بنابه دلایل ژنتیکی و فیزیولوژیکی پتانسیل بیشتری برای رشد و افزایش ارتفاع داشته باشد. این موضوع مستلزم مطالعات بیشتر و بررسی دقیق‌تر صفات و ویژگی‌های هر دو گیاه است.

برهمکنش سال×بستر بر روی ارتفاع در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۳). جدول مقایسه میانگین صفات نشان داد که در سال اول آزمایش بستر کود حیوانی دارای بیشترین مقادیر ارتفاع بود به‌طوری‌که ارتفاع بوته در آن حدود سه برابر تیمار کاه و دو برابر تیمار شاهد بود (شکل ۱–C). وجود مقادیر بیشتر نیتروژن در تیمار کود حیوانی در سال اول آزمایش در خاک می‌تواند بیانگر این تغییرات باشد. در این سال بستر کاه نسبت به دو بستر دیگر دارای کمترین مقادیر صفات اندازه‌گیری شده بود. وجود مواد آللوپاتیک در کاه را می‌توان از دلایل این موضوع دانست. در سال دوم تیمار کاه نسبت به تیمارهای کود حیوانی و شاهد تا حدودی بیشتر بود (شکل ۱–C). این موضوع می‌تواند به‌خاطر پوسیدگی بقایای کاه در خاک و فراهم شدن شرایط بهتر حاصلخیزی و ساختمان خاک باشد که در این مورد نیاز به مطالعات بیشتر است. در سال سوم، تیمار شاهد نسبت به تیمارهای کود حیوانی و کاه برتری نشان داد (شکل ۱–C). شاید بتوان گفت که افزودن کودحیوانی و کاه در سال اول از طریق افزایش میزان ماده آلی در عمق سطحی خاک باعث افزایش ذخیره آب در لایه سطحی خاک شده و بنابراین ریشه‌های گیاه گسترش کمتری در عمق داشته و این باعث کاهش میزان نفوذ ریشه گیاه برای دسترسی بیشتر به آب در اعماق شد و از این طریق حوزه دستیابی گیاه به منابع آب عمقی طی سال‌های بعد کاهش پیدا کرد درحالی‌که در تیمار شاهد ریشه گیاه در سال اول مطالعه برای دستیابی به رطوبت‌های عمقی بیشتر رشد کرده و از این طریق باعث افزایش تحمل گیاه به شرایط تنش در سال سوم آزمایش شده باشد.

برهمکنش سال×بستر×گونه بر ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکرد

برهمکنش سال×بستر×گونه بر روی تمامی صفات به‌جز ارتفاع و شاخص برداشت در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک شامل تاج پوشش، قطر بوته و تعداد ساقه و همچنین صفات عملکردی شامل وزن‌تر و وزن خشک کل، نسبت وزن خشک به تر و وزن خشک برگ تحت تاثیر برهمکنش سه‌گانه سال×بستر×گونه در سال اول نشان داد که تیمار بستر کود حیوانی نسبت به سایر بسترها از برتری قابل‌ملاحظه‌ای برخوردار بود به‌طوری‌که در مورد صفت تاج پوشش تیمار کود حیوانی در مقایسه با تیمار کاه در گونه‌های سهندی و سنبله‌ای به‌ترتیب ۲۲ و ۱۳ برابر بیشتر بود، همچنین در مورد صفت وزن خشک برگ تیمار کودی در مقایسه با تیمار کاه در گونه‌های سهندی و سنبله‌ای به‌ترتیب ۴۲ و ۵۹ درصد بیشتر بود (جدول ۴). در مورد این نتایج می‌توان چنین اظهار داشت که احتمالاً کود حیوانی باعث ایجاد شرایط بهتر تغذیه‌ای و در نتیجه رشد بیشتر هر دوگونه شده باشد. در یک بررسی درخصوص اثرات کودهای شیمیایی آلی و بیولوژیک روی مرزه تابستانه مشاهده شد که کودها می‌توانند باعث افزایش مقادیر صفات مورفولوژیک همچون ارتفاع بوته، سطح برگ، تعداد برگ و قطر ساقه شوند (Naiji and Souri, 2016). در مطالعه‌ای دیگر بر روی اثرات هم‌زمان کود گاوی و کاه برروی مرزه‌جنگلی طی دو سال تحت شرایط دیم، اگرچه بین تیمارهای بستر تفاوت معنی‌داری در سال اول آزمایش مشاهده نشد لیکن در سال دوم کود گاوی باعث تولید بیشترین مقادیر وزن‌تر و خشک اندام هوایی شد با این‌حال تفاوت معنی‌داری میان دو بستر کاه و شاهد مشاهده نشد (Saki *et al.*, 2019).

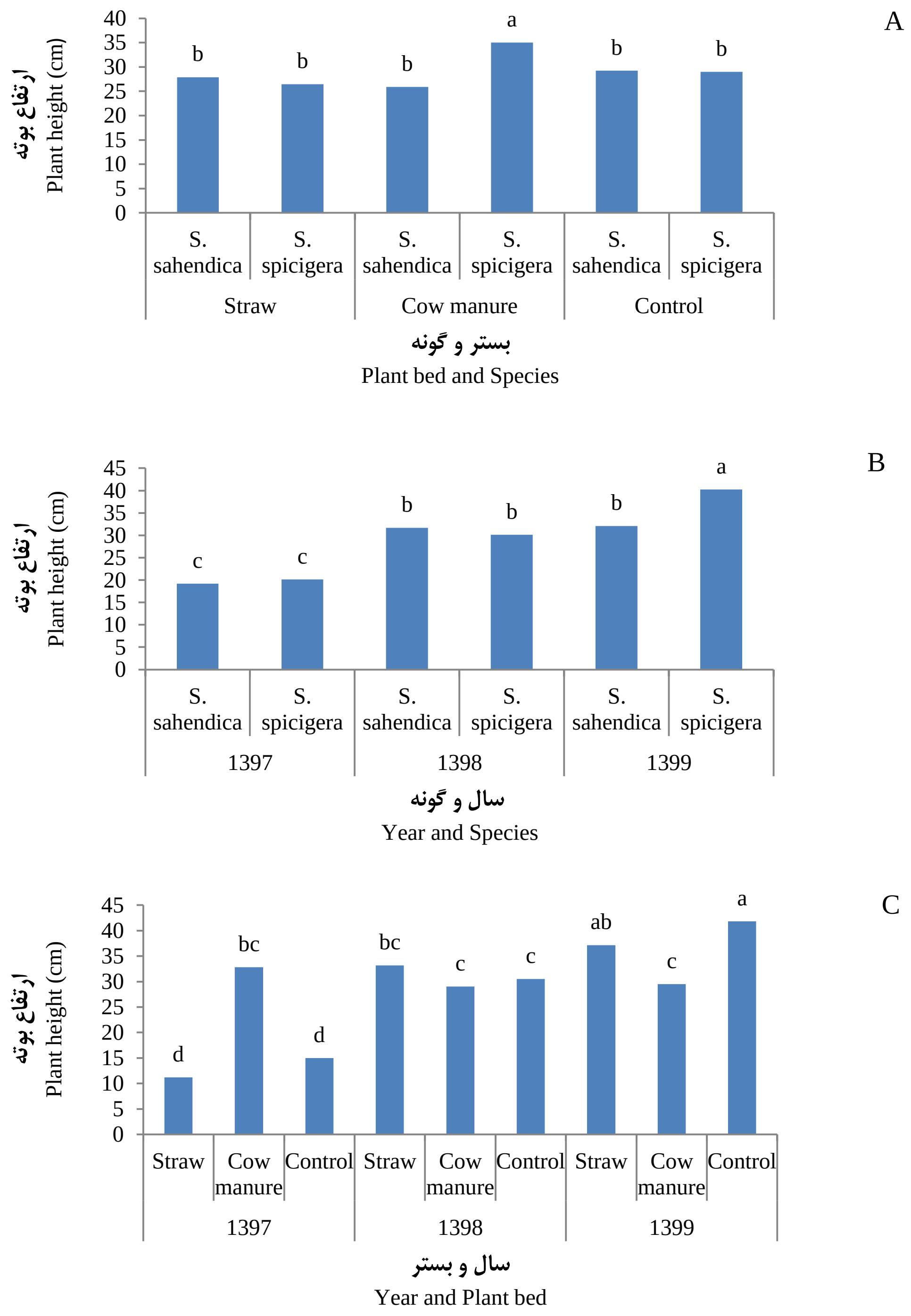
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تاثیر بستر کشت، گونه و سال بر ویژگی‌های مرزه سهندی و سنبله‌ای

Table 3- Variance analysis of *S. sahendica and S. spicigera* properties affected by plant bed, species and year

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات											
		ارتفاع بوته Plant height	تاج پوشش در هر بوته Canopy area per plant	تاج‌پوشش در مترمربع Canopy area per m^2	تعداد ساقه Nnumber of stems	قطر بوته Crown diameter	وزن تر کل Total Fresh weight	وزن خشک کل Total dry weight	وزن‌خشک برگ Leaf dry weight	وزن‌خشک ساقه Stem dry weight	نسبت وزن خشک به تر FW/ DW	شاخص برداشت Harvest Index	شاخص سطح برگ Leaf area Index
تکرار Replication	2	80.68*	71712*	1147392*	94.74**	38.79*	270862**	71358**	37295**	5572*	0.01^{ns}	4.02^{ns}	1.25*
بستر Plant bed	2	48.91*	22560^{ns}	360967^{ns}	21.63*	20.22^{ns}	27278^{ns}	54039**	23482**	6313*	0.02**	3.57^{ns}	4.29**
خطای پلات اصلی Replication* Plant bed	4	4.13	43416	694666	1.85	18.01	17447	5183	2994	2918	0.01	148.96	0.39
گونه Species	1	83.13*	176039**	2816628**	25.35*	148.34**	1772621**	109546**	61664**	6831**	0.08**	0.07^{ns}	2.20*
بستر×گونه Species* Plant bed	2	150.02*	228256**	3652097**	103.18**	165.13**	64321*	3075^{ns}	7139*	12537**	0.01**	155.13^{ns}	3.91**
خطای پلات فرعی Replication*Species(Plant bed)	6	21.94	10963	175422	13.30	6.81	21827	3676	1684	661	0.01	46.72	0.16
سال Year	2	1278.13**	1327067**	21233084**	854.46**	1257.72**	19903551**	6430914**	2741970**	774898**	0.06*	198.68*	3.92**
سال×بستر Plant bed *Year	4	506.32**	402599**	6441596**	31.57*	424.67**	74713*	34108**	18523**	2905^{ns}	0.01^{ns}	36.30^{ns}	6.75**
سال×گونه Species*Year	2	113.68*	129733**	2070936**	6.68^{ns}	79.41**	205618**	23251*	21002**	60^{ns}	0.01**	159.68^{ns}	2.77**
سال×بستر×گونه Species* Plant bed *Year	4	46.16^{ns}	46449*	743198*	32.02*	34.26*	267733**	24436*	12195*	10675**	0.01**	48.74^{ns}	0.93*
خطای باقیمانده Error	24	36.77	19972	319562	7.97	12.38	19460	5800.31	3038	1792	0.01	58.63	0.37
ضریب تغییرات C.V		21.0	31.0	31.0	22.9	16.0	11.0	11.7	13.0	20.0	2.9	11.1	44.1

ns، ** و * به‌ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

^{ns}, ** and *: not significantly different, significantly different in 1% and 5% probability, respectively



شکل ۱- مقایسه میانگین برهمکنش بستر×گونه (A)، سال×گونه (B) و سال×بستر (C) بر ارتفاع بوته در مرزه سهندی و سنبله‌ای

حروف مشابه در هر ستون، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.

Figure 1- Plant bed*species, year*species and plant bed*year interaction effects on plant height of *S. sahendica and S. spicigera*

Means in each column with the same letter are not significantly different with LSD 0.05 probability

با توجه به نتایج می‌توان مشاهده نمود که تاثیرپذیری گونه سهندی از کود حیوانی بسیار کمتر از گونه سنبله‌ای بود. در این رابطه در مطالعه‌ای بر روی گونه سهندی مشاهده شد که این گونه اگرچه نسبت به افزودن مقادیر کم نیتروژن در خاک واکنش مثبتی نشان داد

و تحت شرایط کشت آبی باعث افزایش ارتفاع، تعداد شاخه در بوته و عملکرد سرشاخه خشک گیاه شد لیکن افزایش مقادیر بیشتر کود نیتروژن نتوانست تاثیر معنی‌داری بر افزایش این صفات بگذارد (Akbarinia, 2013). در پژوهشی برای ارزیابی صفات مورفولوژیک و عملکرد گیاه مرزه بختیاری *S. bachtiarica* تحت شرایط دیم نشان داده شد که در طول دو سال اندازه‌گیری بیشترین مقادیر ماده خشک، ارتفاع بوته و تعداد شاخه به‌ترتیب در تیمار کود گاوی، شاهد و تیمار کاه به‌دست آمد (Mirjalili *et al.*, 2020).

نتیجه دیگر قابل مشاهده در مورد برهمکنش سه‌گانه سال×بستر×گونه بر روی صفات مورفولوژیک و عملکردی در سال اول عبارت بود از آن‌که گونه سنبله‌ای نسبت به گونه سهندی دارای مقادیر عددی بیشتری بود به‌طوری که این برتری در مورد صفت تاج پوشش در بستر کاه حتی به دو برابر رسید (جدول ۴). برتری گونه سنبله‌ای را شاید بتوان به بالاتر بودن توانایی بیشتر رشد در این گونه در مقایسه با گونه سهندی در شرایط آزمایش حاضر نسبت داد. این موضوع باعث می‌شود تا گونه سنبله‌ای به‌عنوان گزینه مناسب‌تری نسبت به گونه سهندی برای کشت دیم در مناطقی مشابه شرایط اجرا شده در این پژوهش در نظر گرفته شود. در همین رابطه در مطالعه‌ای در شرایط دیم در مقایسه دو گونه مرزه‌جنگلی و *S. isophylla* مشاهده شد که گونه جنگلی علاوه بر برتری رویشی نسبت به گونه دیگر می‌تواند به‌عنوان یک گونه مناسب جهت کشت دیم استفاده شود (Tabaei-Aghdaei *et al.*, 2017).

همچنین در رابطه با برهمکنش سه‌گانه سال×بستر×گونه بر ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکردی گیاه در سال اول آزمایش مشاهده شد که مقادیر عددی در تیمار کاه به‌طور متوسط کمتر از تیمار شاهد بود اگرچه تفاوت معنی‌دار آماری میان آن‌ها مشاهده نشد (جدول ۴). کمتر بودن مقادیر عددی صفات اندازه‌گیری شده در تیمار کاه در سال اول آزمایش را شاید بتوان به وقوع اثرات آلیلوپاتیکی کاه بر روی هر دو گونه مرزه نسبت داد. در مورد اثرات کاه بر گونه‌های مرزه در سال اول آزمایش می‌توان چنین تحلیل نمود که با توجه به شرایط دیم که در آن شرایط برای پوسیدگی بقایای گیاهی در خاک معمولاً ضعیف است (در شرایط دیم اغلب میزان رطوبت در خاک کم بوده و متوسط درجه حرارت‌های منطقه کم است) میزان پوسیدگی بقایا کمتر بوده و کاه در این مدت پوسیدگی کافی نداشته و قادر نبوده موجبات بهبود ساختمان خاک را فراهم آورد و از سوی دیگر احتمالاً از طریق نشت مواد آلیلوپاتیک تاحدی باعث کاهش رشد گیاه در مقایسه با تیمار بستر شاهد شد. لذا کمتر بودن مقادیر عددی صفات اندازه‌گیری شده در بستر کاه را شاید بتوان به وجود مواد آلیلوپاتیک در کاه و تاثیر منفی آن بر رشد گونه‌های مرزه نسبت داد که این موضوع لزوم پژوهش‌های بیشتر در این زمینه را می‌طلبد. در این رابطه در پژوهشی وجود مواد فنولیک و فلاونوییدها در کلش گندم موجب اثرات آلیلوپاتیک بر سایر گیاهان شد (Dordevic *et al.*, 2018).

در سال دوم مشاهده شد که مقادیر عددی صفات مورفولوژیک و عملکردی در گونه سنبله‌ای نسبت به گونه سهندی بیشتر بود، این برتری در بستر کاه و به‌ویژه کود حیوانی بیشتر قابل مشاهده بود، لیکن در بستر شاهد مقادیر به‌دست آمده برای صفات اندازه‌گیری شده در دو گونه مورد مطالعه تفاوت کمتری با یکدیگر نشان دادند (جدول ۴). این نتایج می‌توانند بیانگر این موضوع باشند که پتانسیل کودپذیری گونه سنبله‌ای نسبت به گونه سهندی بیشتر باشد، به بیان دیگر تحت شرایطی که خاک به لحاظ مواد مغذی و بافت، ضعیف‌تر باشد گونه سهندی به میزان کمتری نسبت به گونه سنبله‌ای از کمبودها خسارت می‌بیند. این نکته می‌تواند در به‌کارگیری کودهای شیمیایی در نظر گرفته شود به‌طور کلی با توجه به نتیجه به‌دست آمده در مورد گونه سنبله‌ای برای رسیدن به پتانسیل‌های رویشی خود نیاز به توجه بیشتر در تامین عناصر غذایی در خاک دارد.

همچنین در سال دوم مطالعه مشاهده شد که مقادیر عددی صفات مورفولوژیک در بستر کاه نسبت به دو بستر دیگر بیشتر بود، وجود این برتری را احتمالاً می‌توان به وقوع شرایط مساعد در خاک در اثر تبدیل کاه به هوموس طی پاییز سال اول تا اوایل بهار سال بعد نسبت داد.

در سال سوم رویش نیز نتایج تاحدودی شبیه سال دوم بود. در رابطه با صفت وزن خشک برگ یعنی مهم‌ترین صفت مورد ارزیابی، اگرچه گونه سهندی در بسترهای کاه تفاوت معنی‌داری با گونه سنبله‌ای نداشت لیکن این گونه سنبله‌ای بود که در سایر بسترهای کشت نسبت به گونه سهندی از عملکرد بالاتری برخوردار بود (جدول ۴). این موضوع بیانگر وجود پتانسیل‌های بالایی از رشد در گونه سنبله‌ای است که به شرط محیا شدن شرایط حاصلخیزی خاک قادر به بروز آن خواهد بود. در تحلیل بیشتر بودن مقادیر اغلب صفات در سال سوم مطالعه در تیمار شاهد نسبت به دو تیمار دیگر، شاید بتوان گفت که در تیمارهای کودحیوانی و کاه به‌دلیل آن‌که این تیمارها در سال اول با افزایش میزان ماده آلی در عمق سطحی خاک باعث افزایش ذخیره آب در خاک سطحی شدند، بنابراین ریشه‌های گیاه تمایل کمتری به گسترش در عمق داشته و این موضوع باعث کاهش میزان نفوذ ریشه گیاه برای دسترسی بیشتر به آب به اعماق شد و نهایتاً از این طریق حوزه دستیابی گیاه به منابع آبی عمقی کاهش پیدا کرد درحالی‌که در تیمار شاهد ریشه گیاه برای دستیابی به رطوبت‌های عمقی بیشتر حرکت کرده و از این طریق باعث افزایش تحمل گیاه به شرایط تنش در سال سوم آزمایش شده است. در همین رابطه در مطالعه‌ای بر روی تاثیر تیمارهای مختلف عمق اختلاط کاه گندم با خاک بر روی ویژگی‌های خاک مشخص شد که هرچه میزان تراکم کلش گندم در سطح خاک بیشتر باشد مقدار رطوبت خاک نیز در سطح بیشتر خواهد بود (Mu *et al.*, 2016).

جدول ٤- مقایسه میانگین برهمکنش سال×بستر×گونه بر ویژگی‌های مرزه سهندی و سنبله‌ای

Table 4- Plant bed*species*year interaction effects on *S. sahendica and S. spicigera* properties

سال Year	بستر Plant bed	گونه Species	تاج‌پوشش‌درهربوته Canopy area per plant (cm^2)	تاج‌پوشش در هر متر مربع Canopy area per m^2 ($cm^2.m^{-2}$)	قطربوته Crown diameter (cm)	تعداد ساقه Number of stems	وزن تر کل Total Fresh weight ($kg.ha^{-1}$)	وزن‌خشک‌کل Total dry weight ($kg.ha^{-1}$)	وزن‌خشک‌برگ Leaf dry weight ($kg.ha^{-1}$)	وزن‌خشک‌ساقه Stem dry weight ($kg.ha^{-1}$)	نسبت‌وزن‌خشک به وزن‌تر FW/ DW	شاخص سطح برگ Leaf Area Index
1397	کاه	*S. sahendica*	16^{h}	65^{h}	4.67^{f}	3.00^{i}	213^{h}	103^{h}	76^{h}	27^{f}	0.49^{gh}	4.59^{a}
	Straw	*S. spicigera*	32^{h}	130^{h}	6.50^{f}	4.00^{hi}	295^{h}	119^{h}	79^{h}	39^{f}	0.41^{k}	2.32^{bc}
	کود حیوانی	*S. sahendica*	360^{def}	1441^{def}	22.33^{d}	7.67^{gh}	305^{gh}	133^{h}	108^{gh}	25^{f}	0.44^{j}	0.29^{g}
	Cow manure	*S. spicigera*	450^{d}	1802^{d}	25.00^{cd}	7.00^{gh}	510^{f}	191^{gh}	127^{gh}	64^{ef}	0.37^{l}	0.29^{g}
	شاهد	*S. sahendica*	56^{gh}	227^{gh}	8.50^{f}	4.00^{hi}	208^{h}	108^{h}	78^{h}	29^{f}	0.52^{ef}	1.31^{def}
	Control	*S. spicigera*	71^{gh}	285^{gh}	9.50^{f}	3.67^{hi}	345^{fgh}	149^{h}	113^{gh}	36^{f}	0.43^{j}	1.61^{cde}
1398	کاه	*S. sahendica*	654^{bc}	2618^{bc}	28.83^{bc}	15.00^{cde}	921^{e}	524^{ef}	364^{e}	159^{c}	0.57^{cd}	0.50^{fg}
	Straw	*S. spicigera*	757^{b}	3031^{b}	31.17^{ab}	17.33^{bc}	1379^{d}	636^{d}	451^{d}	184^{c}	0.46^{i}	0.60^{fg}
	کود حیوانی	*S. sahendica*	202^{fgh}	810^{fgh}	16.17^{e}	9.67^{fg}	499^{fg}	279^{g}	179^{g}	100^{de}	0.56^{d}	0.87^{efg}
	Cow manure	*S. spicigera*	498^{cd}	1993^{cd}	25.00^{cd}	18.33^{bc}	1284^{d}	536^{def}	386^{de}	14^{cd}	0.42^{jk}	0.74^{efg}
	شاهد	*S. sahendica*	203^{fg}	812^{g}	18.00^{e}	6.33^{gh}	748^{e}	465^{f}	386^{de}	179^{c}	0.62^{b}	0.46^{fg}
	Control	*S. spicigera*	231^{fg}	925^{fg}	17.00^{e}	7.67^{gh}	1210^{d}	613^{de}	428^{de}	184^{c}	0.51^{e}	1.91^{cd}
1399	کاه	*S. sahendica*	433^{de}	1734^{de}	22.83^{d}	19.67^{ab}	1997^{c}	1201^{bc}	842^{b}	358^{b}	0.60^{b}	2.44^{bc}
	Straw	*S. spicigera*	756^{b}	3025^{b}	31.50^{ab}	19.33^{ab}	2844^{a}	1432^{a}	891^{b}	540^{a}	0.50^{fg}	1.11^{d-g}
	کود حیوانی	*S. sahendica*	241^{efg}	966^{efg}	17.33^{e}	11.67^{ef}	2445^{b}	1138^{c}	736^{c}	402^{b}	0.47^{hi}	2.89^{b}
	Cow manure	*S. spicigera*	818^{ab}	3273^{ab}	32.33^{ab}	22.67^{a}	2145^{c}	1245^{b}	834^{b}	410^{b}	0.58^{c}	0.96^{efg}
	شاهد	*S. sahendica*	969^{a}	3879^{a}	34.67^{a}	20.67^{ab}	2128^{c}	1378^{a}	855^{b}	523^{a}	0.65^{a}	0.84^{efg}
	Control	*S. spicigera*	994^{a}	3979^{a}	35.17^{a}	17.00^{bcd}	2714^{a}	1433^{a}	1018^{a}	415^{b}	0.53^{e}	0.99^{efg}

حروف مشابه در هر ستون، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.

Means in each column with the same letter are not significantly different with LSD 0.05 probability.

از سوی دیگر در بررسی تیمارهای مختلف عمق اختلاط کاه با خاک بر روی دو گیاه گندم (*Triticum aestivum*) و ذرت (*Zea mays*) نشان داده شد که با افزایش تراکم کلش در خاک میزان مقاومت در برابر نفوذ ریشه کاهش یافته و در نتیجه ریشه گسترش بهتری در عمق اختلاط خواهد داشت (Liu *et al*., 2021). این دو مطالعه می‌توانند فرضیه فوق را در مورد گسترش سطحی‌تر ریشه‌های مرزه در خاک تایید کنند اگرچه برای اثبات آن نیاز به مطالعات تکمیلی می‌باشد.

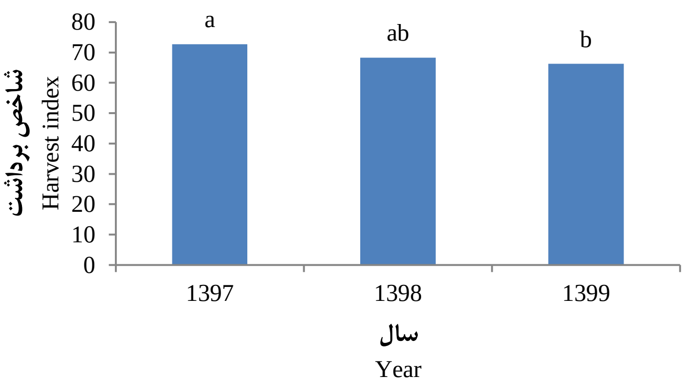
در تایید این‌که بیشتر بودن عمق توسعه ریشه می‌تواند موجب افزایش عملکرد گیاه تحت شرایط کمبود آب گردد، نتایج مطالعه‌ای بر روی ژنوتیپ‌ها و گونه‌های مختلف آویشن تحت تیمارهای تنش رطوبتی نشان داد که با افزایش طول ریشه در گیاه میزان تحمل آن نسبت به تنش افزایش یافته و گیاهان با عمق نفوذ ریشه بیشتر قادر بودند عملکردهای بالاتری تولید نمایند (Bahreininejad, 2012).

در نتایج به‌دست آمده نقش افزایش رشد رویشی و عملکرد گیاه تحت تاثیر افزایش سن گیاه کاملاً مشهود بود، دلیل این موضوع را می‌توان به افزایش میزان رشد ریشه در خاک همزمان با افزایش عمر گیاه و دستیابی به منابع بیشتر آبی و غذایی از یک سو و افزایش ذخیره گیاهی در ریشه و در نتیجه بیشتر شدن قدرت رویش مجدد گیاه طی سال‌های بعد نسبت داد. مشاهده تعداد بیشتر ساقه و افزایش توسعه رشد گیاه به لحاظ افقی از طریق افزایش قطر بوته و تاج‌پوشش در مرتبه نخست و در پی آن افزایش مقادیر تولید اندام هوایی و ماده خشک گیاه از اثرات افزایش سن و سال رویش گیاه می‌تواند باشد. نتایج به‌دست آمده در پژوهشی بر روی اثرات کود گاوی و کاه برروی مرزه‌جنگلی تحت شرایط دیم در آبسرد دماوند در تراکم‌های مختلف کاشت طی دو سال موید این نکته بود که بیشترین مقادیر عملکرد اندام هوایی با افزایش سن گیاه به‌دست می‌آید (Saki *et al*., 2019).

شاخص‌های سطح برگ و برداشت

برهمکنش سال×بستر×گونه بر روی شاخص سطح برگ در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین مقادیر صفت شاخص سطح برگ نشان داد که اگرچه شاخص سطح برگ دارای روند مشخصی در بین تیمارهای آزمایشی نبود لیکن بیشترین مقدار آن در سال اول در تیمار کاه و کمترین آن در همان سال و در تیمار کود حیوانی اتفاق افتاد (جدول ۴). در سال دوم بیشترین مقادیر شاخص سطح برگ در گونه سنبله‌ای و بستر شاهد و در سال سوم در گونه سهندی و بسترهای کاه و کود حیوانی به‌دست آمد. با توجه به فرمول استخراج شاخص سطح برگ که عبارت از میزان سطح برگ به سطح سایه‌انداز گیاه می‌باشد، هرجا که سطح سایه‌انداز گیاه (همان تاج پوشش گیاه) کاهش چشمگیری داشت شاخص سطح برگ، افزایش قابل ملاحظه‌ای از خود نشان داد.

در رابطه با شاخص برداشت تنها اثر سال در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین مقادیر شاخص برداشت تحت تاثیر اثر سال نشان می‌دهد که با افزایش سن گیاه از مقدار شاخص برداشت کاسته شده است (شکل ۲).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر سال بر متوسط شاخص برداشت در دو گونه مرزه سهندی و سنبله‌ای

حروف مشابه در هر ستون، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.

Figure 1- Effect of year on mean harvest index of *S. sahendica and S. spicigera*

Means in each column with the same letter are not significantly different with LSD 0.05 probability.

در این خصوص می‌توان چنین اظهار داشت که احتمالاً با افزایش سن گیاه نسبت برگ به ساقه کاهش یافته و درنتیجه باعث شده که نسبت برگ به کل اندام هوایی کمتر گردد و لذا شاخص برداشت کاسته شود.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان چنین اظهار داشت که گونه سنبله‌ای در شرایط دیم در منطقه مورد کاشت (فریدونشهر) به لحاظ اقلیمی و ادافیکی تولید بیشتری داشته و می‌تواند نسبت به گونه سهندی عملکرد بیشتری داشته‌باشد. کود حیوانی به‌ویژه در سال‌های اول و دوم رویش توانست باعث افزایش عملکرد قابل ملاحظه‌ای در محصول به‌ویژه گونه سنبله‌ای گردد که این موضوع می‌تواند حاکی از پتانسیل کودپذیری در این گونه باشد. استفاده از کاه اگرچه ممکن است در سال اول باعث کاهش عملکرد مرزه شود لیکن در سال دوم می‌تواند باعث افزایش عملکرد شود لذا توصیه می‌شود در شرایط استفاده از کاه، کشت مرزه در سال پس از پوسیدگی کاه صورت گیرد. از نتایج می‌توان چنین استنباط نمود که احتمالاً با افزایش عمق اختلاط کود حیوانی و یا کاه در خاک می‌توان اثربخشی آن‌ها را در ایجاد شرایط مساعدتری برای رشد ریشه و اندام‌های هوایی گیاه فراهم نمود که این موضوع لزوم پژوهش‌های دقیق‌تری را در این زمینه می‌طلبد.

References

1. Akbarinia, A. 2013. Response of *Satureja sahendica* Bormn. to nitrogen and plant density. Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants 29 (2): 261-268. (in Persian with English abstract).
2. Akrami nejad, O., Saffari, M., and Abdolshahi, R. 2016. Effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil of two ecotypes of savory (*Satureja hortensis* L.) under normal and drought stress conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 13 (4): 675-686. (in Persian with English abstract).
3. Alimardan, E., Salehi Shanjani, P., Jafari, A. A., and Tabaei Aghdaei S. R. 2015. Evaluation of yield and morphological traits in Iranian populations of Yarrow (*Achillea millefolium* L. and *A. bieberestini* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 31 (4): 661-675. (in Persian with English abstract).
4. Alizadeh, A., Khoshkhui, M., Javidnia, K., Firuzi, O. R., Tafazoli, E., and Khalighi, A. 2010. Effects of fertilizer on yield, essential oil composition, total phenolic content and antioxidant activity in *Satureja hortensis* L. (Lamiaceae) cultivated in Iran. Journal of Medicinal Plants Research 4 (1): 33-40. (in Persian with English abstract).
5. Babalar, M., Mumivand, H., and Hadian, J. 2010. Effects of nitrogen and calcium carbonate on growth, rosmarinic acid content and yield of *Satureja hortensis* L. Journal of Agricultural Science 2 (3): 92-98.
6. Bahreininejad, B. 2012. Effects of water deficit on physiological characteristics, growth indices, irrigation water use efficiency and essential oil content and components of *Thymus* species. PhD thesis, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan.
7. -Bakhtiari, M., Mozafari1, H., Karimzadeh Asl, Kh., Sani, B., and Mirza, M. 2020. Plant growth, physiological, and biochemical responses of medic savory [*Satureja macrantha* (Makino) Kudô] to bio-organic and inorganic fertilizers. Journal of Medicinal Plants and By-products 1: 9-17. (in Persian with English abstract).
8. Bastami, A., Amirnia, R., Sayyed, R. Z., and El Enshasy, H. A. 2021. The effect of mycorrhizal fungi and organic fertilizers on quantitative and qualitative traits of two important *Satureja* species. Agronomy 11 (7): 1-13.
9. -Đorđević, T., Sarić-Krsmanović, M., and Gajić Umiljendić, J. 2018. Phenolic compounds and allelopathic potential of fermented and unfermented wheat and corn straw extracts. Chemistry & Biodiversity 16 (2): 1-13.
10. Ghanbari Odivi, A., Fallah, S., Karimi, M., and Lori Gooini, Z. 2021 a. The effect of organic and chemical fertilizers on growth, yield and essential oil of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). Journal of Soil Management and Sustainable Production 11 (2): 143-158. (in Persian with English abstract).
11. Ghanbari Odivi, A., Fallah, S., Karimi, M., and Lori Gooini, Z. 2021 b. Effects of livestock and chemical fertilizers on growth, yield, and essential oil of *Dracocephalum kotschyi* Boiss. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 37 (3): 502-512. (in Persian with English abstract).
12. Hosseinpour, M., Pirzad, A., Habibi, H., and Fotokian, M. H. 2011. Effect of biological nitrogen fertilizer (Azotobacter) and plant density on yield, yield components and essential oil of Anise. Agricultural Science and Sustainable Production 21 (1): 69-88. (in Persian with English abstract).
13. Jamzad, Z. 2012. Flora of Iran. No. 76: Lamiaceae. Research Institute of Forest and Rangelands. Tehran.
14. Liu, N., Li, Y., Cong, P., Wang, J., Guo, W., Pang, H., and Zhang, L. 2021. Depth of straw incorporation significantly alters crop yield, soil organic carbon and total nitrogen in the North China Plain. Soil & Tillage Research 205: 1-9.
15. Mirjalili, A., Lebaschi, M. H., Ardakani, M. R., Heidari Sharifabad, H., and Mirza, M. 2020. Evaluation of

morphological traits and yield of *Satureja bachtiarica* affected by density and organic fertilizers under dryland farming conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 18 (3): 357-371. (in Persian with English abstract).

16. Mu, X., Zhao, Y., Liu, K., Ji, B., Guo, G., Xue, Z., and Li, C. 2016. Responses of soil properties, root growth and crop yield to tillage and crop residue management in a wheat–maize cropping system on the North China Plain. European Journal of Agronomy 78: 32-43.
17. Naiji, M., and Souri, M. K. 2016. Evaluation of growth and yield of savory (*Satureja hortensis*) under organic and biological fertilizers toward organic production. The Plant Production 38 (3): 93-103. (in Persian with English abstract).
18. Nathalie, J., and Bréda, J. 2003. Ground based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies. Journal of Experimental Botany 54: 2403-2417.
19. Nooshkam, A. 2014. The effects of irrigated and rainfed conditions on vegetative yield and essential oil yield of two medicinal species, S*atureja khuzistanica* Jamzad and *S. rechingeri* Jamzad in North of Khuzestan. Electronic Journal of Crop Production 7 (2): 61-76. (in Persian with English abstract).
20. Pirzad, A., Yoosefi, M., Darvishzadeh, R., and Raei, Y. 2013. Effect of different rates of zeolite and nitrogen fertilizer on yield and harvest index of flower, grain, essential oil and seed oil of *Calendula officinalis* L. Agricultural Science and Sustainable Production 23 (2): 61-75. (in Persian with English abstract).
21. Rahimi, A. R., and Babakhanzadeh Sajirani, E. 2021. Effect of vermicompost and some of macro nutrients on plant growth, nutrient uptake and quantity and quality of savory (*Satureja hortensis* L.) essential oil. Journal of Plant Production 27 (4): 133-149. (in Persian with English abstract).
22. Rezakhani, A., and Haj Seyed Hadi, M. R. 2017. Effect of manure and foliar application of amino acids on growth characteristics, seed yield and essential oil of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Iranian Journal of Field Crop Science 48 (3): 777-786. (in Persian with English abstract).
23. Saki, A., Mozafari, H., Karimzadeh Asl, Kh., Sani, B., and Mirza, M. 2019. Plant yield, antioxidant capacity and essential oil quality of *Satureja mutica* supplied with cattle manure and wheat straw in different plant densities. Communications in Soil Science and Plant Analysis 50 (21): 2683-2693.
24. Tabaei-Aghdaei, S. R., Mahdi Navesi, F., Lebaschi, M. H., Najafi-Ashtiani, A., Sefidkon, F., and Jafari, A. A. 2017. Evaluation of genetic variation of performance in *Satureja mutica* and *S. isophylla* under dry farming in Damavand. Iranian Journal of Rangelands Forests Plant Breeding and Genetic Research 25 (1): 72-81. (in Persian with English abstract).
25. Yazdi Samadi, B., Rezaei, A. M., and Valyzadeh, M. 2013. Statistical Designs in Agricultural Research.Tehran University Publications, 764p.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 4, Winter. 2022, p. 407-419

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۴۱۹-۴۰۷

Effects of Planting Bed on Vegetative Characteristics and Yield of *Satureja sahendica* and *S. spicigera* Species in Rainfed Conditions

B. Bahreininejad[1*], M. H. Lebaschy[2], F. Sefidkon[3], Z. Jaberalansar[4]

Received: 28-07-2021
Accepted: 01-11-2021

Introduction

One approach for medicinal plants cultivation expansion is to sow them in rainfed areas. In recent years, the study of valuable types of medicinal plants, development of cultivation and meeting the needs of the pharmaceutical industry has been one of the goals of scientific and research centers. Savory is a valuable medicinal species in the world. The aerial parts and volatile constituents of *Satureja* species are commonly used as a medicinal herb and flavoring agents. They can be used as antioxidant, antiseptic, antispasmolidic and as a condiment in food industry. Two of the most important species of savory grow wildly in Iran are *S. sahendica* and *S. spicigera*. Both of them are native species to semi-arid zones of Iran, and considered as aromatic and medicinal plant. Wheat straw and cow manure are the two most common soil amendments which have been using for improving soil structure and soil fertility. Limited studies have been performed on rainfed cultivation of medicinal species, especially savory. This study was conducted to evaluate the effects of planting bed on vegetative characteristics and yield of two savory species in rainfed conditions.

Materials and Methods

Experiment was carried out for three years (2018-2020) as split plots based on a randomized complete block design with three replications. The experiment was conducted at the Fereidoonshar (32°56'N, 50°06'E and an altitude of 2491 m). Planting bed as main plot consisted of cow manure (30 $ton.ha^{-1}$), wheat straw (10 $ton.ha^{-1}$) and control (without manure and straw); species as subplot consisted of *S. sahendica* and *S. spicigera*. Morphological traits including plant height, crown diameter, canopy area per plant, canopy area per square meter, and number of stems per plant; and yield traits including total dry weight, leaf dry weight and stem dry weight were thetraits which were measured over the study. The recorded data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and least significant difference (LSD) on 0.05 probability level for comparison of means using SAS (ver. 8.2) software.

Results and Discussion

The results of analysis of variance showed that the effects of planting bed, year and their interactions on the measured traits were significant in many cases. Results showed that the highest values of plant height (46 cm), crown diameter (35 cm), canopy area (3980 cm^2) and number of stems per plant (23) were seen in *S. spicigera*. Also, the highest rates of total dry weight and leaf dry weight were seen in *S. spicigera*, 695 and 470 $kg.ha^{-1}$, respectively. Wheat straw treatment reduced aerial parts dry weight in two species in the first year, but in the second year it caused an increase. Cow manure made a slight increase in two species growth only in the first year. The highest values of all measured traits in two species were achieved in the last year of measurements, as the values of leaf dry weight for *S. spicigera* and *S. sahendica* were 1018 and 855 $kg.ha^{-1}$, respectively. The highest values of leaf area index and harvest index were observed in the first year of the experiment including 4.59 and 72, respectively.

1- Assistant Professor, Research Division of Natural Resources,Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran
2- Associate Professor, Medicinal Plants and By-products Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
3- Professor of Medicinal Plants and By-products Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
4- Researcher, Research Division of Natural Resources,Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran
(*- Corresponding Author Email: b.bahreininejad@areeo.ac.ir)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.71701.1070

Conclussion

Cow manure was able to significantly increase the yield of the two species in the first and second years, especially for *S. spicigera*. Although the use of wheat straw reduced the rates of morphological and yield treatments of the two species of savory in the first year, but increased them in the second year, so It is recommended to cultivate savory after decomposition of wheat straw. The role of increasing vegetative growth and plant yield under the influence of increasing plant age was quite obvious. On the whole, in order to produce savory under dryland conditions similar to this research, cultivation of *S. spicigera* withouth usng manure or straw could be recommended, although incorporation of these amendments into the lower depth of the soil could be more effective on this species growth and yield.

Keywords: Cow manure, Medicinal plants, Savory, Straw